

IDS用文献1

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-033584

(43)Date of publication of application : 07.02.1997

(51)Int.Cl.

G01R 29/08

H04B 7/26

H04B 17/00

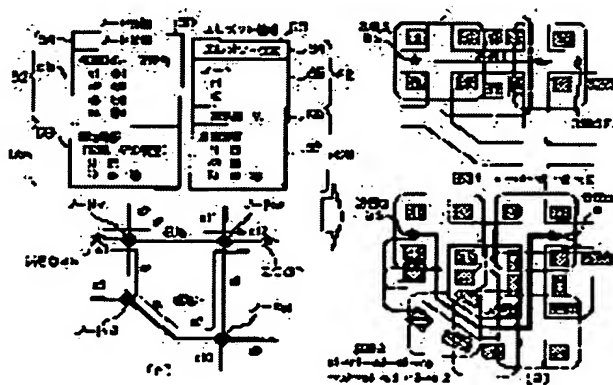
(21)Application number : 07-179231 (71)Applicant : N T T IDO
TSUSHINMO KK(22)Date of filing : 14.07.1995 (72)Inventor : FUJII TERUYA
IMAI TETSURO

(54) CALCULATOR FOR INTENSITY OF ELECTRIC FIELD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a calculator for the intensity of an electric field which is capable of calculating the intensity of an electric field at a high speed.

SOLUTION: Information on the positions of the starting point and the ending point of a road through which a radio wave is passable and the wall surface of a building near the road is stored as element information 60. Information on the position of an intersection through which a radio wave is passable, the position of a road facing the intersection and a point of diffraction caused by a building near the intersection is stored as node information 50. Paths



of the road and the intersection to a receiving point from a transmitting point are searched using the positions of the starting point and the ending point stored as element information 60 and a positional relationship between the position of the intersection and the road facing the intersection stored in as node information 50. The wall surface near the path and a diffraction point are configured using the element information of the road contained in the paths searched and the node information on the intersection. The radio wave is traced by rays from the transmitting point using the wall surface and the diffraction point and the power of the rays reaching the receiving point is added up to calculate the intensity of an electric field.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 18.02.1998

[Date of sending the examiner's
decision of rejection]

[Kind of final disposal of application
other than the examiner's decision of
rejection or application converted
registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3092651

[Date of registration] 28.07.2000

[Number of appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of requesting appeal against
examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-33584

(43) 公開日 平成9年(1997)2月7日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 R 29/08			G 0 1 R 29/08	Z
H 0 4 B 7/26			H 0 4 B 17/00	D
17/00			7/26	K

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願平7-179231

(22) 出願日 平成7年(1995)7月14日

(71) 出願人 392026693

エヌ・ティ・ティ移動通信網株式会社
東京都港区虎ノ門二丁目10番1号

(72) 発明者 藤井 輝也

東京都港区虎ノ門二丁目10番1号 エヌ・
ティ・ティ移動通信網株式会社内

(72) 発明者 今井 哲朗

東京都港区虎ノ門二丁目10番1号 エヌ・
ティ・ティ移動通信網株式会社内

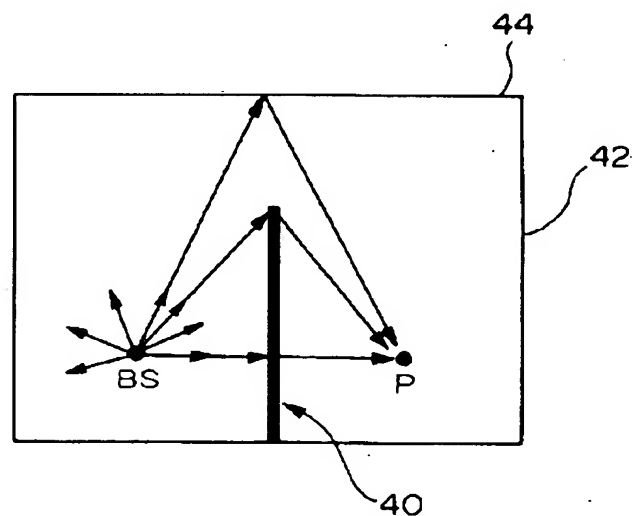
(74) 代理人 弁理士 川▲崎▼ 研二 (外2名)

(54) 【発明の名称】 電界強度計算装置

(57) 【要約】

【目的】 電界強度を高速に計算することのできる電界強度計算装置を提供すること。

【構成】 電波が通過し得る道路の始点および終点の位置ならびに道路の近傍の建物の壁面の情報をエレメント情報60として格納する。また電波が通過し得る交差点の位置、交差点に対する道路の位置、および交差点近傍の建物による回折点の情報をノード情報50として格納する。エレメント情報60として格納した始点及び終点の位置、ならびにノード情報50として格納した交差点の位置および交差点に対する道路の位置関係を用いて送信点から受信点への道路および交差点の経路を検索する。検索された経路に含まれる道路のエレメント情報および交差点のノード情報を用いて経路近傍の壁面および回折点を構成する。その壁面および回折点を用いて電波を送信点からレイトレースし、受信点に到達したレイの電力を加算して電界強度を算出する。



1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 送信点から放射される電波の受信点における電界強度を計算する電界強度計算装置において、前記電波が通過し得る道路の始点および前記終点の位置、ならびに当該道路の近傍にある建物の壁面の情報をエレメント情報として格納するエレメント情報格納手段と、

前記電波が通過し得る交差点の位置、当該交差点に対する前記道路の位置関係、および当該交差点の近傍にある建物による回折点の情報をノード情報として格納するノード情報格納手段と、

前記エレメント情報として格納された前記始点及び終点の位置、ならびに前記ノード情報として格納された前記交差点の位置および当該交差点に対する前記道路の位置関係を用いて、前記送信点から前記受信点への、前記道路および前記交差点の経路を検索する検索手段と、前記経路に含まれる前記道路の前記エレメント情報、および前記経路に含まれる前記交差点の前記ノード情報を用いて、前記経路の近傍の前記壁面および前記回折点を構成する構成手段と、

当該構成手段により構成された前記壁面および前記回折点を用いて前記電波を前記送信点からレイトレースするレイトレース手段と、

前記レイトレースにより前記受信点に到達したレイの電力を加算して前記電界強度を算出する算出手段とを備えたことを特徴とする電界強度計算装置。

【請求項 2】 請求項 1 に記載の電界強度計算装置であって、前記エレメント情報格納手段が、前記電波が通過し得る道路の始点および終点の位置を格納する手段と、前記道路の近傍にある前記建物の壁面を前記道路端に投影する手段と、投影された壁面による反射面情報および回折点情報を、前記エレメント情報として格納する手段とを有することを特徴とする電界強度計算装置。

【請求項 3】 請求項 1 又は 2 に記載の電界強度計算装置であって、前記ノード情報格納手段が、前記電波が通過し得る交差点の位置を格納する手段と、前記ノードに接続する前記エレメントの道路幅および前記道路の交差角により定まる回折点に、前記ノードの近傍にある前記建物の壁面および角を投影する投影手段と、当該投影手段により投影した、前記壁面および角の情報を前記ノード情報として格納する手段とを有することを特徴とする電界強度計算装置。

【請求項 4】 請求項 1 に記載の電界強度計算装置であって、前記エレメント情報格納手段が、前記電波が通過し得る道路の始点および終点の位置を格納する手段と、各道路の両側に無限の高さの反射面を設定する手段と、前記反

2

射面を前記エレメント情報として格納する手段とを有し、

前記ノード情報格納手段が、前記電波が通過し得る交差点の位置を格納する手段と、前記ノードに接続する前記エレメントの道路幅および前記道路の交差角により定まる回折点上に設定した無限の高さの回折角を前記ノード情報として格納する手段とを有することを特徴とする電界強度計算装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は移動通信におけるサービスエリア内の電界強度を計算する電界強度計算装置に関するものである。特に本発明は道路上に基地局を置いて道路に沿ってサービスエリアを構成するストリートマイクロセル方式の移動通信における、サービスエリア内の電界強度を計算する電界強度計算装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 移動通信におけるサービスエリア内の電界強度を計算する方法にレイトレース法がある。図 1 に示すように、レイトレース法では波源である送信点 B S から放射された電波の素波（レイ）が、壁や柱等の構造物 40、42、44 で反射、透過、または回折を繰り返して受信点 P に到達する軌跡を追跡する。受信点に到達した全てのレイの電力を加算することで電界強度を算出する。送信点 B S から受信点 P までのレイの軌跡を求めるには 2 つの方法が知られている。一つはイメージ法（image method）であり、他方はラウンチング法（launching method）である。

【0003】 図 2 に、イメージ法による計算方法を示す。イメージ法では送信点 B S と受信点 P の間の反射点、透過点を幾何学的に求める。イメージ法によると受信点 P に到達するレイを正確に計算できる。しかし送信点と受信点間の反射面および回折点の全ての組み合わせの中から受信点に到達するレイを搜索する必要がある。このため、構造物の反射面および回折点が増大した場合は計算量が指数関数的に増大するという欠点がある。この点に関しては、例えば、高橋賢他：“イメージ法を用いた電波伝搬シミュレーション”、電子情報通信学会技術研究報告、RCS94-125（1994-11）に詳しく説明されている。

【0004】 図 3 に、ラウンチング法による計算方法を示す。ラウンチング法では、送信点 B S から一定角度 $\Delta \theta$ 毎に離散的にレイを発射（launching）させて、その軌跡を逐次追跡して、受信点 P に到達するレイの電界強度を算出する。この方法ではイメージ法のように全ての構造物の反射面および回折点の組み合わせを求める必要がないので、計算量を抑えることができる。しかし離散的な角度でレイを発射させるので、図 4 に示すように、受信点 P に完全に一致するレイが求められる確率は小さ

い。

【0005】図5に示すように、受信点Pの周りに一定の受信エリア ΔS を定義して、その受信エリア ΔS に到達するレイを受信点Pに到達したレイと見なすこともできる。しかしこの方法では、受信点までの距離及びレイを放射する角度 $\Delta \theta$ および ΔS の大きさにより、受信エリア ΔS に到達するレイの数が異なる。図6 (A)に1つのレイが受信エリア ΔS に到達する例を、また図6

(B)に2つのレイが受信エリア ΔS に到達する例を示す。このように、受信エリア ΔS に到達するレイの数は本来到達すべきレイの数と異なることがあるので、電界強度を正確に計算することができない。

【0006】図7に示すように、 $\Delta \theta$ が小さいと同一経路のレイが受信エリア ΔS に重複して到達する。このため、各レイを加算して得られた電界強度は実際より高めになる。レイの重複を除外するために受信エリア ΔS を小さくすると本来到達すべきレイが到達しないので、各レイを加算して得られた電界強度は実際より低めになる。理論的には受信エリア ΔS を計算毎に適切に変更する方法も考えられるが、適切に受信エリアを変更する計算方法は未だ確立されていない。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】図8に、路上の送信点BSから路上の受信点Pに到達するレイをイメージング法で検索する検索例を示す。簡単のため、反射回数が1回の場合のみを示す。このように建物の反射面を認識し、送信点、受信点および建物の組合せを探索し、実際に反射波として存在し得るかを判定する。建物数がN個、建物1つにつき壁面がM個とすると、反射回数が1回の場合の反射面の組合せ数は $M \cdot N$ 個である。レイは反射面の組合せ回数だけ存在するので $M \cdot N$ 回となる。

【0008】一般には、1回反射のみでなく複数の壁面で反射するレイを考慮する必要がある。1回反射からk回反射のレイを考慮する場合、レイの数は、

1回反射 $M \cdot N$

2回反射 $M \cdot N (M \cdot N - 1)$

3回反射 $M \cdot N (M \cdot N - 1)^2$

・

・

k回反射 $M \cdot N (M \cdot N - 1)^{k-1}$

となる。

【0009】このため、反射面の組合せ総数は

$$\sum_{i=1}^k M \cdot N (M \cdot N - 1)^{i-1}$$

となる。レイの検索回数も同数となる。このように、建物数(反射面数)が増すに従い検索に有する組合せ数は指数関数的に増大する。ここで、送受信点から遠方にある建物の反射面は電界強度に大きく影響しないと考えられる。そこでレイの検索処理を少なくするために遠方の

建物を除外して反射面数を削減する方法も考えられる。例えば、道路から一定範囲の建物に限定することにより反射面の数を削減できる。この場合、建物数が N' 個($N' < N$)となり、レイの検索回数は

$$\sum_{i=1}^k M \cdot N' (M \cdot N' - 1)^{i-1}$$

に減少する。しかしながら、送受信点の近くの建物の数が増加した場合にレイの検索回数は指数関数的に増大する。

【0010】そこで本発明は、道路上に基地局をおいて道路に沿ってサービスエリアを構成するストリートマイクセルにおいて、高い計算精度を保ちつつ、計算処理時間を大幅に削減することのできる電界強度計算装置を提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】このような目的を達成するために、請求項1に記載の発明は、送信点から放射される電波の受信点における電界強度を計算する電界強度計算装置において、前記電波が通過し得る道路の始点および終点の位置、ならびに当該道路の近傍にある建物の壁面の情報をエレメント情報として格納するエレメント情報格納手段と、前記電波が通過し得る交差点の位置、当該交差点に対する前記道路の位置関係、および当該交差点の近傍にある建物による回折点の情報をノード情報として格納するノード情報格納手段と、前記エレメント情報として格納された前記始点及び終点の位置、ならびに前記ノード情報として格納された前記交差点の位置および当該交差点に対する前記道路の位置関係を用いて、前記送信点から前記受信点への、前記道路および前記交差点の経路を検索する検索手段と、前記経路に含まれる前記道路の前記エレメント情報、および前記経路に含まれる前記交差点の前記ノード情報を用いて、前記経路の近傍の前記壁面および前記回折点を構成する構成手段と、当該構成手段により構成された前記壁面および前記回折点を用いて前記電波を前記送信点からレイトレースするレイトレース手段と、前記レイトレースにより前記受信点に到達したレイの電力を加算して前記電界強度を算出する算出手段とを備えた。

【0012】請求項2に記載の発明は、請求項1に記載の電界強度計算装置であって、前記エレメント情報格納手段が、前記電波が通過し得る道路の始点および終点の位置を格納する手段と、前記道路の近傍にある前記建物の壁面を前記道路端に投影する手段と、投影された壁面による反射面情報および回折点情報を、前記エレメント情報として格納する手段とを有する。

【0013】請求項3に記載の発明は、請求項1又は2に記載の電界強度計算装置であって、前記ノード情報格納手段が、前記電波が通過し得る交差点の位置を格納する手段と、前記ノードに接続する前記エレメントの道路

5

幅および前記道路の交差角により定まる回折点に、前記ノードの近傍にある前記建物の壁面および角を投影する投影手段と、当該投影手段により投影した、前記壁面および角の情報を前記ノード情報として格納する手段とを有する。

【0014】請求項4に記載の発明は、請求項1に記載の電界強度計算装置であって、前記エレメント情報格納手段が、前記電波が通過し得る道路の始点および終点の位置を格納する手段と、各道路の両側に無限の高さの反射面を設定する手段と、前記反射面を前記エレメント情報として格納する手段とを有し、前記ノード情報格納手段が、前記電波が通過し得る交差点の位置を格納する手段と、前記ノードに接続する前記エレメントの道路幅および前記道路の交差角により定まる回折点上に設定した無限の高さの回折角を前記ノード情報として格納する手段とを有する。

【0015】（作用）本発明電界強度計算装置は、電波が通過し得る道路の始点および終点の位置、ならびに道路の近傍にある建物の壁面の情報をエレメント情報として格納する。また電波が通過し得る交差点の位置、交差点に対する道路の位置関係、および交差点の近傍にある建物による回折点の情報をノード情報として格納する。予め道路および交差点の近傍にある建物を選択して格納しておくことにより、その後のレイの軌跡の計算を高速化することができる。

【0016】更にエレメント情報として格納された始点及び終点の位置、ならびにノード情報として格納された交差点の位置および交差点に対する道路の位置関係を用いて、送信点から受信点への道路および交差点の経路を検索する。道路および交差点の位置情報を用いることにより、ビルの位置情報を用いる場合と比較してレイの経路を短時間で限定することができる。次に検索された経路に含まれる道路のエレメント情報、および経路に含まれる交差点のノード情報を用いて、経路の近傍の壁面および回折点を構成する。構成された壁面および回折点を用いて電波を送信点からレイトレースすることにより、全てのビル間でレイをトレースする場合と比較してレイの数を減少する。このため電界強度を高速に計算することができる。受信点に到達したレイの電力を加算して電界強度を算出する。

【0017】道路の近傍にある建物の壁面を道路端に投影し、投影された壁面による反射面情報および回折点情報をエレメント情報として格納することにより、レイトレースを一層容易にし、電界強度の計算速度を高速化することができる。ノードに接続するエレメントの道路幅および道路の交差角により定まる回折点にノードの近傍にある建物の壁面および角を投影し、投影した壁面および角の情報をノード情報として格納することにより、電界強度の計算速度を更に高速化することができる。各道路の両側に無限の高さの反射面を設定し、反射面をエレ

6

メント情報として格納し、また電波が通過し得る交差点の位置を格納し、ノードに接続するエレメントの道路幅および道路の交差角により定まる回折点上に設定した無限の高さの回折角をノード情報として格納することにより、レイトレースを一層用意にすることができる。

【0018】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施形態を詳細に説明する。

（実施形態1）図9に、本発明の実施形態における電界強度計算装置の構成を示す。図9において、CPU12は本電界強度計算装置全体の制御ならびにレイの経路および電界強度の計算を行う。ROM14はCPU12が実行するプログラムを格納している。HD22には、道路データベース23が格納される。

【0019】CPU12が計算した電界強度は、表示装置18に表示され、また出力装置20に出力される。操作部24は操作者からの入力を行う。入出力制御装置（I/O）26は、CD-ROM駆動装置28またはFD駆動装置30からデータまたはプログラムを入力する。CPU12が実行するプログラムをCD-ROMまたはFDにより提供し、CD-ROM駆動装置28またはFD駆動装置30により読み取り、I/O36を介してHD22にインストールしても良い。HD22にインストールされたプログラムは、必要に応じて読み出され、RAM16に格納されてCPU12により実行される。

【0020】図10に、本実施形態におけるCPU12の動作を示す。CPU12は道路データベース23を作成する処理（S100～S150、以下前処理と呼ぶ）と、道路データベース23を用いて電界強度を計算する処理（S200～S240、以下計算処理と呼ぶ）とを行う。図11に示すように、前処理では、交差点をノードで、道路をエレメントで表す（S100）。曲線のエレメントは直線のサブエレメントに分解する。直線のエレメントおよびサブエレメントを単にエレメントと総称する。次に各ノード及びエレメントの接続関係を示す道路ネットワーク情報を道路データベース23に格納する。

【0021】図13に示すように、エレメント情報60には、エレメントの始点および終点の位置64、ならびに接続するノードを示す情報65を道路ネットワーク情報62として付加する（S110）。ノード情報50には、ノードの位置53、接続するエレメントを示す情報およびそのエレメントの交差角55を道路ネットワーク情報52として付加する（S120）。ここでエレメントの始点等の「位置」は、例えば緯度および経度により表すことができる。次に図12に示すように、道路の中心から一定距離（エレメント閾値）内に存在する建物の反射面および回折点を選択する。道路幅68、反射面となる建物の壁面の位置、高さ、および壁面の材質の電気

的情報69をそのエレメントに対応づけて、道路データベース23にレイトレース情報66として格納する(S130)。

【0022】次に各ノードの中心から一定距離(ノード閾値)内に存在する建物の反射面および回折点を選択する。図13に示すように、選択した建物の壁面の位置、高さ、および各建物の材質の電気的特性(誘電率、透磁率、導電率)をそのノードに対応づけて、道路データベース23にレイトレース情報56として格納する(S140)。ノード又はエレメントから一定距離以下の建物のみを選択することにより、レイトレースに用いる反射面および回折点の数を減少することができる。道路データベース23を作成すると、CPU12はレイトレースにより電界強度を計算する(S200~S240)。

【0023】図14(A)に示すように道路上に送信点と受信点の位置が設定されると(S200)、CPU12は道路データベース23を参照して送信点BSと受信点Pとの間で電波が到達する経路を探索する(S210)。図14(A)では経路1と経路2が選択されている。次に、図14(B)に示すように探索した経路上にある各ノードと各エレメント情報を基にして、レイトレースを行う道路と反射面(建物)を構成する(S220)。図15に示すように、構成した反射面だけを対象として送信点BSと受信点Pとの間のレイトレースを行う(S230)。各レイ毎に経路長(伝搬距離)による損失、反射、回折による損失を計算して電界強度を求め、全てのレイを加算して受信点の電界強度を算出する(S240)。

【0024】このように、予め交差点と道路の関係を道路データベース23に格納し、各ノードと各エレメントに道路ネットワーク情報とレイトレース情報を対応づけて記憶しておき、送信点BS、受信点Pを設定する毎に電波が到達する経路を限定する。経路の限定により送信点と受信点の間の反射の組合せの数が大幅に削減できる。このため計算処理を高速化することができる。ノードと各エレメント対応づける反射面および回折点等の情報の数を必要最小限に制限することにより、一層処理を高速化することができる。

【0025】(実施形態2)本実施形態では、図10のフローチャートにおける、エレメントのレイトレース情報を格納する処理(S130)の内容が実施形態1と異なる。図16に、本実施形態におけるステップS130の詳細を示す。CPU12は、まず1つのエレメントを選択し(S310)、図17(A)に示すように道路の中心位置から一定距離(エレメント閾値)以内に存在する建物を検索する。閾値以内の建物がなければS370にジャンプする(S320)。次に検索した建物の道路側に面している壁面を選択する(S330)。図18

(A)に示すように、例えば全ての壁面の中から道路に近い半数の壁面を選択することにより、道路側に面して

いる壁面を選択することができる。道路側に面している壁面のみが反射面になりえる。

【0026】次に図18(B)に示すように、道路側に面している壁面とエレメントとの角度 θ を算出して、それが閾値内($\theta \leq \theta_{th}$)であれば反射面と判断する(S340)。反射面と判断した壁面を図18(C)に示すように道路の両端に投影(マッピング)する(S350)。投影された反射面の、位置情報以外の情報、即ち高さおよびその材質の電気的情報は、投影する前の壁面の情報と同一にする。こうして求めた情報をエレメントに対応づけて反射面情報および回折点情報として格納する(S360)。S310からS360の処理を、全てのエレメントのレイトレース情報を調べるまで繰り返す(S370)。

【0027】CPU12はS130の後、実施形態1の方法に従い、図17(B)に示すようにレイトレースを行い電界強度を算出する。壁面を道路端に投影することにより、各エレメントの反射面数および回折点の数を更に削減することができる。これにより送信点と受信点間の反射の組合せ数を削減でき、電界強度の計算時間を高速化することができる。また、反射面および回折点情報を削減できるので、道路データベース23に記憶する情報量も削減することができる。

【0028】(実施形態3)本実施形態では、図10のフローチャートにおける、ノードのレイトレース情報を格納する処理(S140)の内容が実施形態1又は2と異なる。図19に本実施形態におけるステップS140の詳細を示す。CPU12は1つのノードを選択し(S410)、図20(A)に示すようにノードである交差点の中心から一定距離(ノード閾値)内に存在する建物を検索する(S420)。次に回折点を構成する壁面と交差点の位置関係によって、検索した建物の壁面および角から、交差点における回折点および辻きり反射面となりうるものを選択する(S430、S440)。この選択は、例えば図21(A)に示すように交差点から回折点および辻きり反射面までの距離を基に行うことができる。

【0029】回折点または辻きり反射面となりうる建物の角および壁面を、図21(B)に示すように、交差点の角に回折点または辻きり反射面として投影する(S450)。投影された回折点および反射面の、位置情報以外の情報、即ち高さおよびその材質の電気的情報等は投影する前の壁面の情報と同一とする。こうして求めた情報をノードに対応づけて反射面情報および回折点情報として格納する(S460)。CPU12は、全てのノードのレイトレース情報を調べるまで、S410からS470を繰り返す(S480)。

【0030】S140の後、CPU12は、実施形態1又は2の方法に従い図20(B)に示すようにレイトレースを行い電界強度を算出する。このように交差点上の

道路端の交点に回折点および辻きり反射面を投影することにより、各ノード毎に回折点および辻きり反射面の数を制限することができる。レイトレースを行う場合の送信点と受信点間の反射の組合せの数を削減できるので、計算処理時間の高速化が図れる。また、反射面、回折点情報を制御することにより、道路データベース23に記憶する情報量を削減することができる。

【0031】（実施形態4）本実施形態では、図10のエレメントのレイトレース情報を格納するステップS130およびノードのレイトレース情報を格納するステップS140が、実施形態1から3と異なる。図22に、本実施形態におけるステップS130の詳細を示す。CPU12は1つのエレメントを選択し（S510）、図24に示すように道路幅がWの道路の両端に高さが無限の連続する反射面を設定する（S520）。このようにレイトレース情報を限定することにより、エレメントのレイトレース情報は道路の両端（RL, RR）の2つの反射面だけとなり回折点はなくなる。次にエレメントのレイトレース情報を道路データベース23に格納する（S530）。全てのエレメントのレイトレース情報を格納するまで、S510からS530を繰り返す（S540）。

【0032】図23に、本実施形態におけるステップS140の詳細を示す。CPU12は1つのノードを選択し（S610）、交差点上に高さが無限の回折点を設定する（S620）。回折点および反射面となる材質の電気的情報等は各々種類のみ定義する。またノードのレイトレース情報は回折点だけとなり辻きり反射面はなくなる。ノードのレイトレース情報を道路データベース23に格納する（S630）。全てのノードのレイトレース情報を格納するまで、S610からS630を繰り返す（S640）。

【0033】CPU12は、ステップS130およびS140の後、実施形態1から3の方法に従い、図25に示すようにレイトレースを行い電界強度を算出する。本実施形態によれば、ノードとエレメントのレイトレース情報である回折点、反射面を大幅に制御できるので、レイトレースを行う場合の送信点と受信点間の反射の組合せの数を大幅に削減できる。このため計算処理時間の高速化が図れる。また、反射面、回折点情報を一層制御できることから、道路データベース23に記憶する情報量も大幅に削減できる。

【0034】

【発明の効果】以上説明の説明から明らかなように、予め道路および交差点の近傍にある建物を選択して格納しておくことにより、その後のレイの軌跡の計算を高速化することができる。また道路の始点、終点、および交差点の位置、ならびに交差点に対する道路の位置関係を用いて送信点から受信点への道路および交差点の経路を検索することにより、レイの経路を短時間で限定すること

ができる。次に検索された経路の近傍の壁面および回折点を構成し、構成された壁面および回折点を用いてレイトレースすることにより送信点と受信点間の反射、回折の組合せの数を削減し、電界強度を高速に計算することができる。また反射面および回折点の情報を制限できるのでノード内に記憶する情報量を削減することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 レイトレース法の概要を説明する説明図である。

【図2】 イメージ法でレイの軌跡を求める方法を説明する説明図である。

【図3】 ラウンチング法でレイの軌跡を求める方法を説明する説明図である。

【図4】 ラウンチング法をの欠点を説明する説明図である。

【図5】 受信エリアに到達するレイの軌跡を求める方法を説明する説明図である。

【図6】 ラウンチング法の問題点を説明する説明図である。

【図7】 ラウンチング法の問題点を説明する説明図である。

【図8】 イメージ法による送受信点間のレイの組合せ数を説明する説明図である。

【図9】 実施形態における電界強度測定装置の構成を示すブロック図である。

【図10】 実施形態1におけるCPU12の動作を説明する説明図である。

【図11】 交差点をノードに、道路をエレメントに展開する処理を説明する説明図である。

【図12】 レイトレース情報として記憶する地理的範囲の一例を示す説明図である。

【図13】 道路に送信点および受信点が設定された場合のレイトレース方法を説明する説明図である。

【図14】 電波が到達する経路を説明する説明図である。

【図15】 経路上のレイトレース方法を説明する説明図である。

【図16】 実施形態2におけるステップS130の詳細を示すフローチャートである。

【図17】 実施形態2において反射面を探索する方法の一例を説明する説明図である。

【図18】 壁面の道路の両端への投影を説明する説明図である。

【図19】 実施形態3におけるステップS140の詳細を示すフローチャートである。

【図20】 実施形態3において回折点および反射面を設定する方法を説明する説明図である。

【図21】 実施形態3において回折点および辻きり反射面を設定する方法を説明する説明図である。

【図22】 実施形態4におけるステップS130の詳細を示すフローチャートである。

【図23】 実施形態4におけるステップS140の詳細を示すフローチャートである。

【図24】 実施形態4における反射面および回折面の設定方法を示す説明図である。

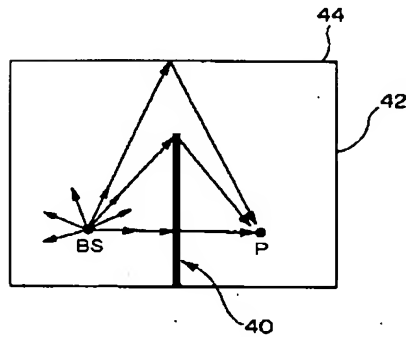
【図25】 実施形態4におけるレイトレースを説明する説明図である。

【符号の説明】

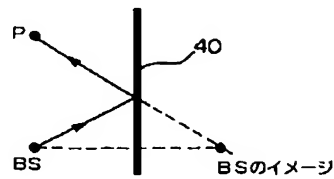
12 CPU
14 ROM
16 RAM
18 表示装置
20 出力装置
22 HD
23 道路データベース
24 操作部

26 I/O
28 CD-ROM駆動装置
30 FD駆動装置
40、42、44 構造物
50 ノード情報
52 道路ネットワーク情報
54 ノード位置
55 接続エレメント、交差点
56 レイトレース情報
10 58 建物情報
60 エレメント情報
62 道路ネットワーク情報
64 エレメント位置
65 ノード
66 レイトレース情報
68 道路幅
69 建物情報

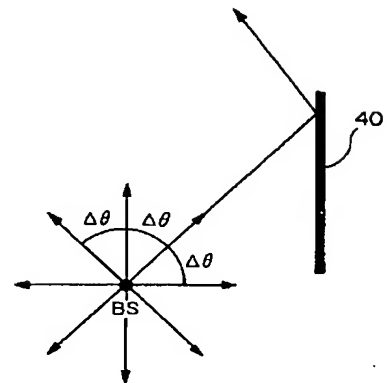
【図1】



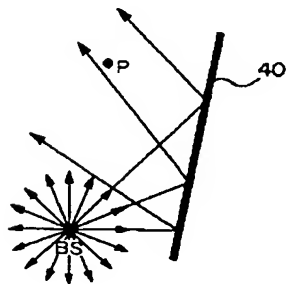
【図2】



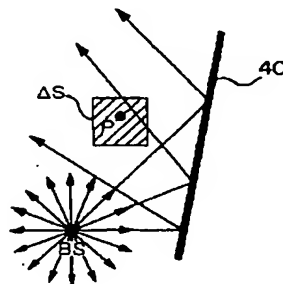
【図3】



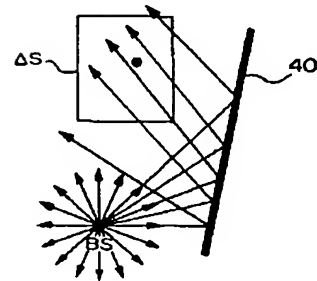
【図4】



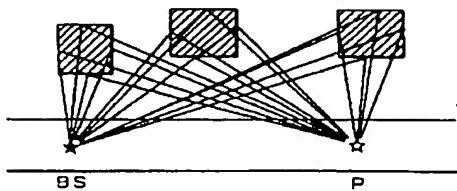
【図5】



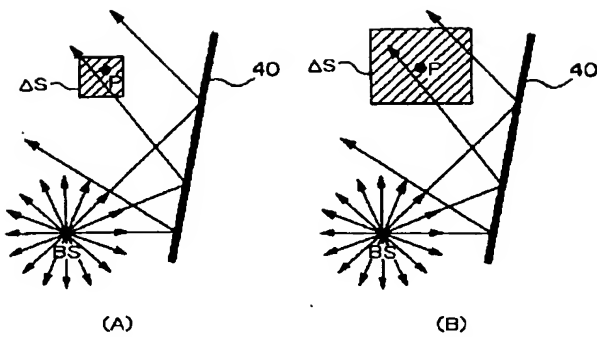
【図7】



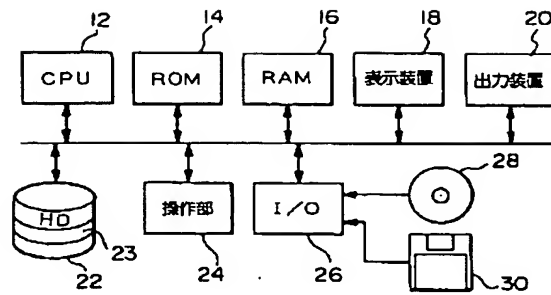
【図8】



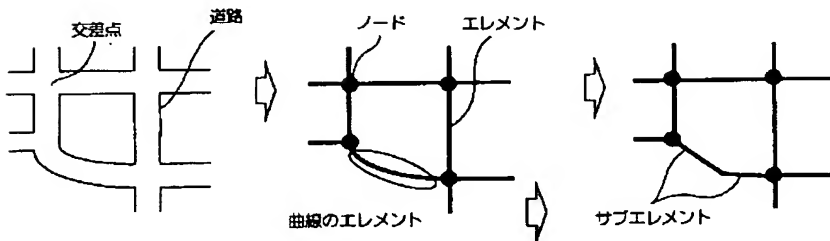
【図6】



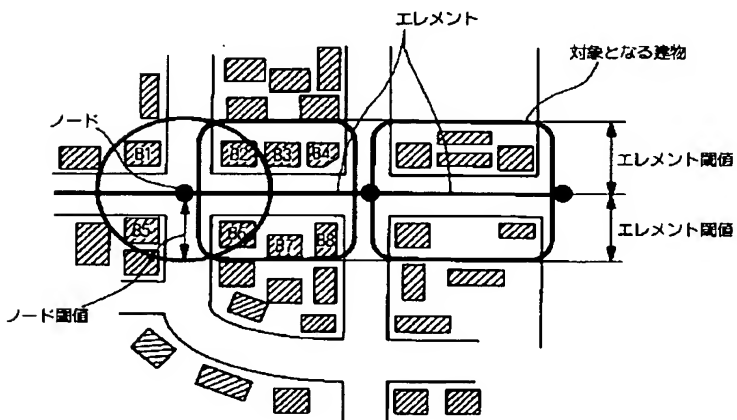
【図9】



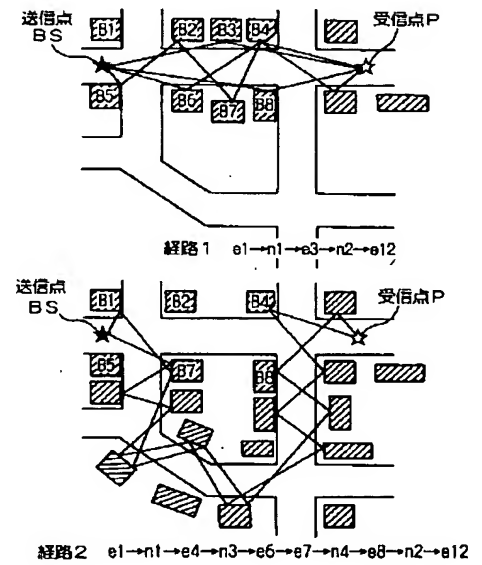
【図11】



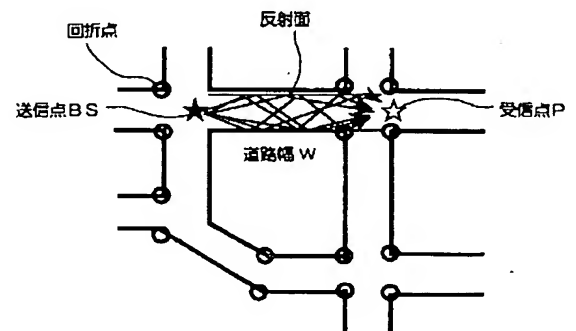
【図12】



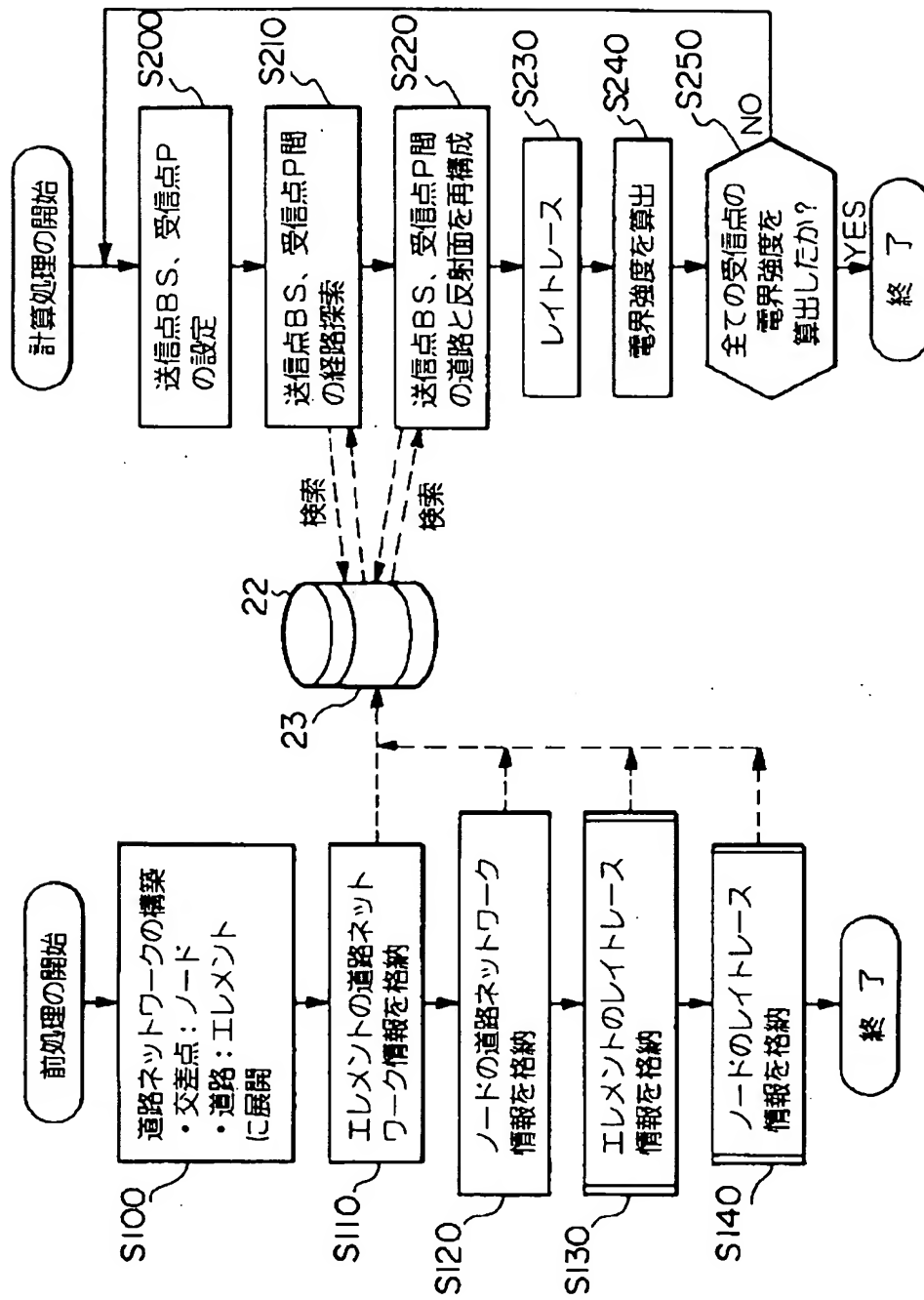
【図15】



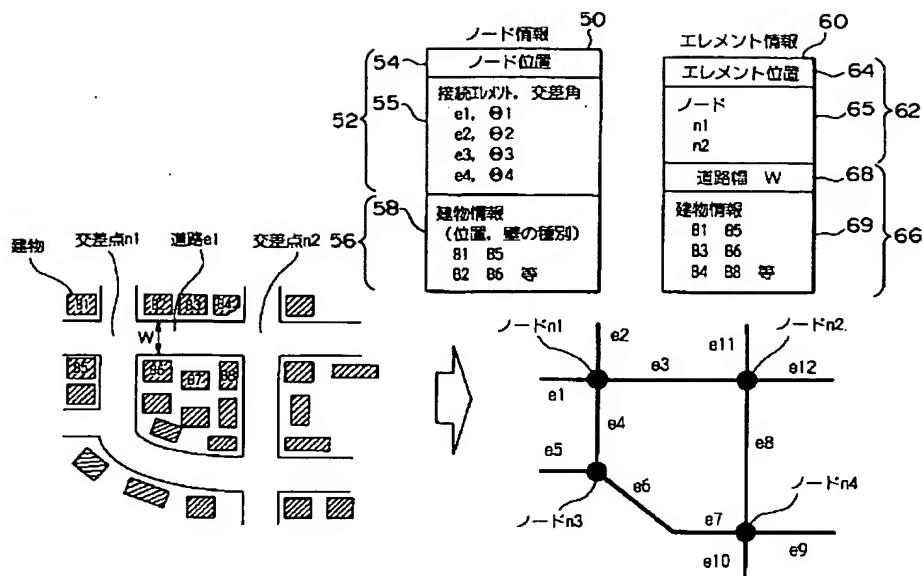
【図25】



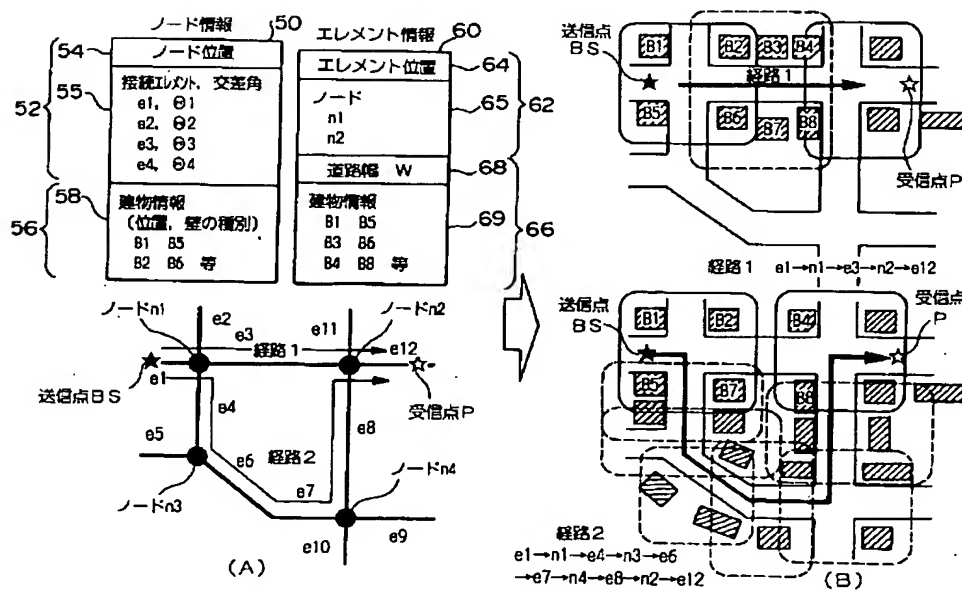
【図10】



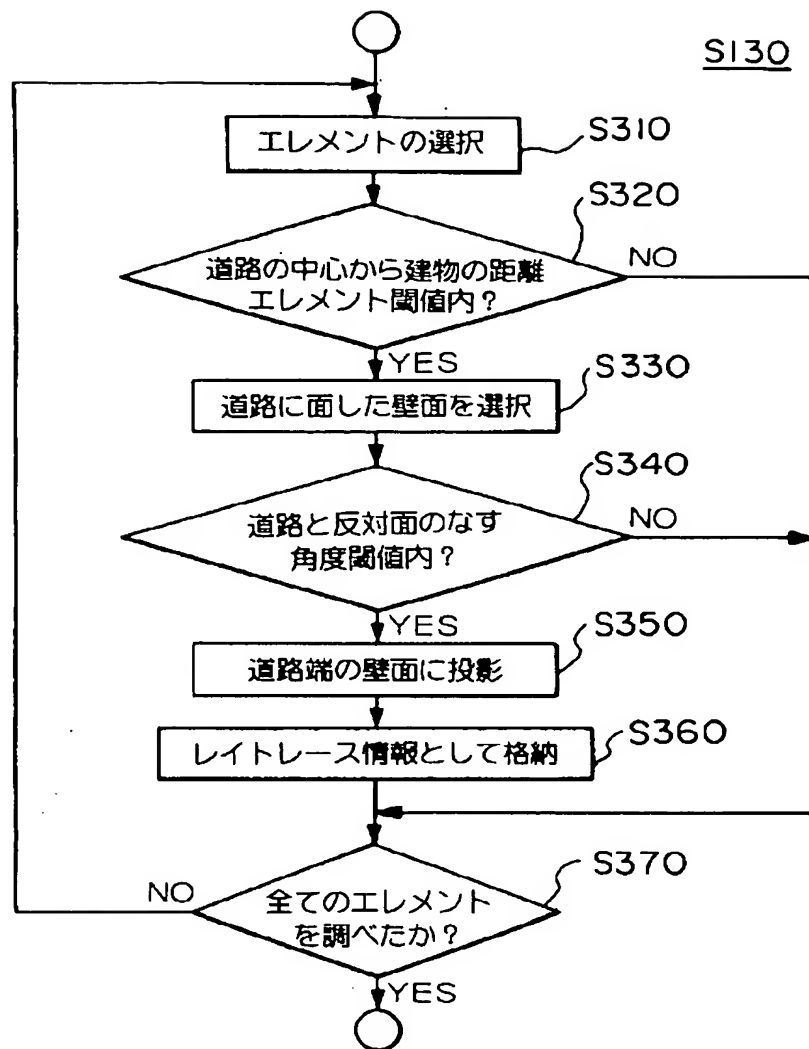
【図13】



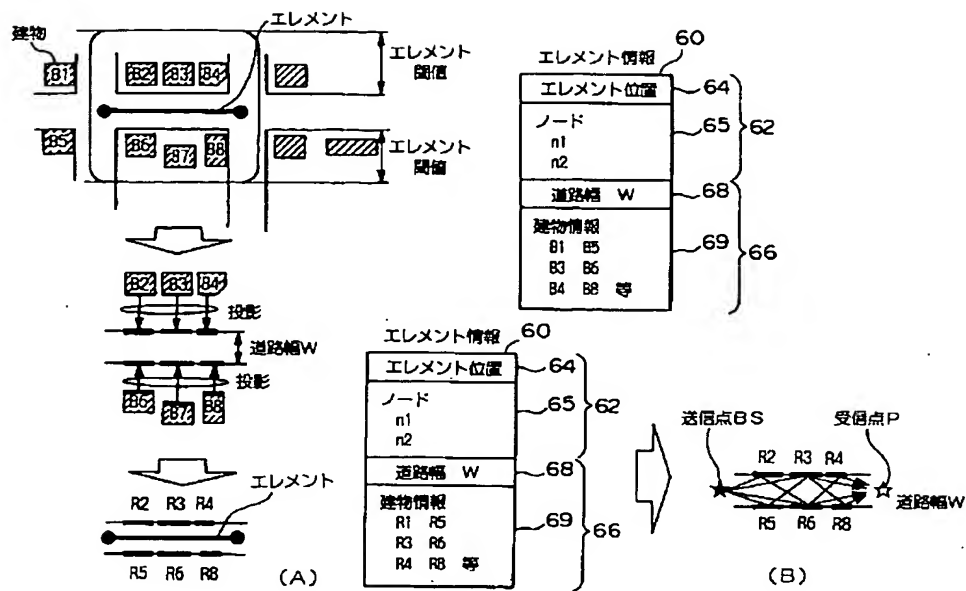
【図14】



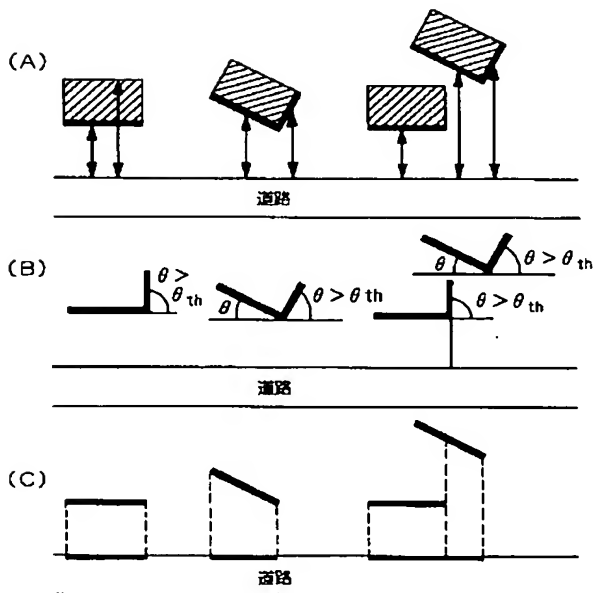
【図 16】



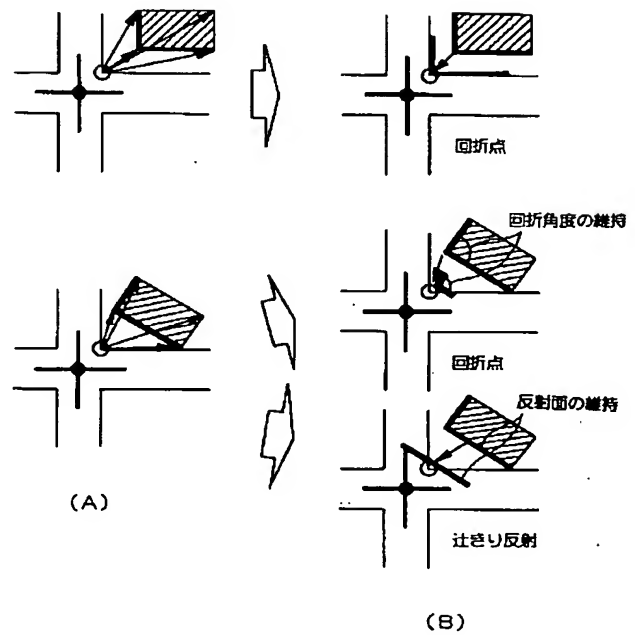
【図 17】



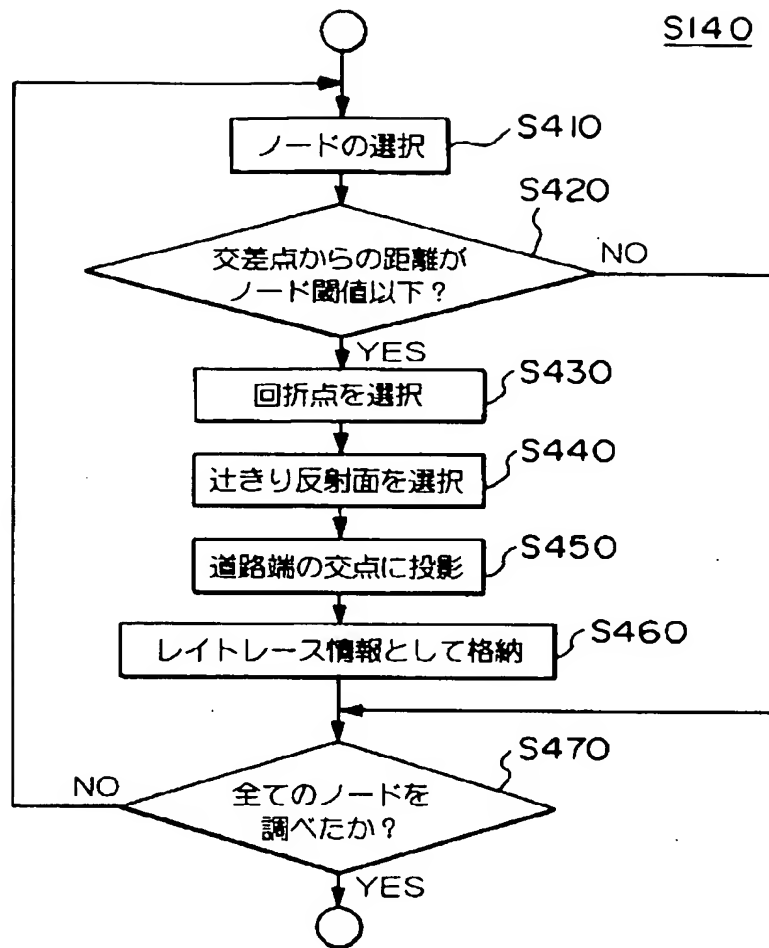
【図 18】



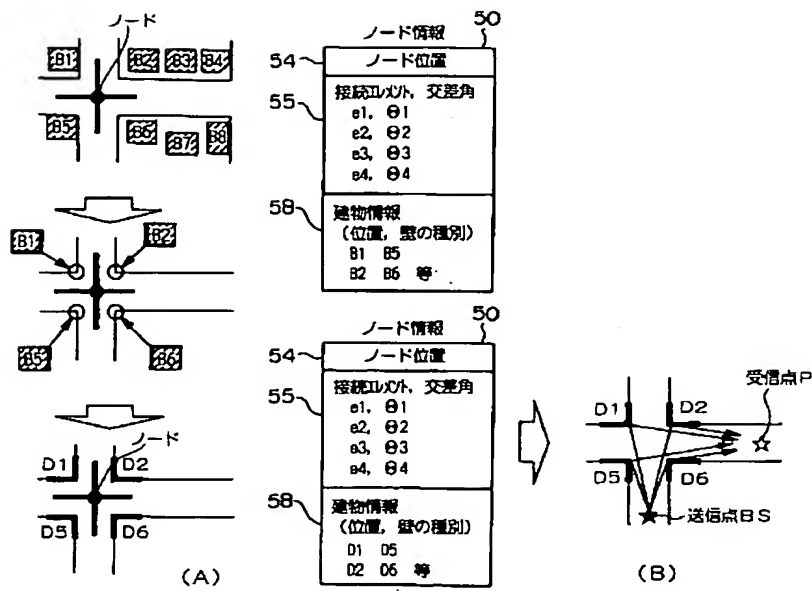
【図 21】



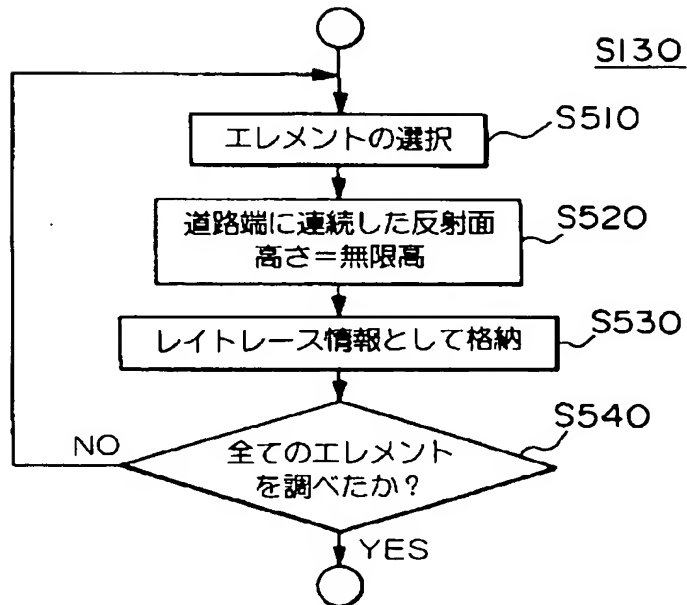
【図 19】



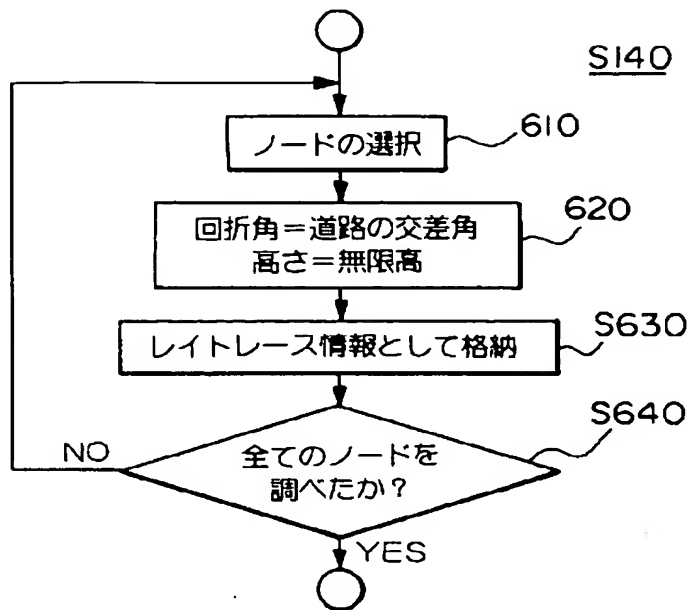
【図 20】



【図 22】



【図 2 3】



【図 2 4】

